

明 細 書

プレート部材、基板保持装置、露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、基板の近傍に配置されるプレート部材、基板を保持する基板保持装置、基板を露光する露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスや液晶表示デバイス等のマイクロデバイスの製造工程の一つであるフォトリソグラフィ工程では、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する露光装置が用いられる。この露光装置は、マスクを保持して移動可能なマスクステージと、基板を保持して移動可能な基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写する。マイクロデバイスの製造においては、デバイスの高密度化のために、基板上に形成されるパターンの微細化が要求されている。この要求に応えるために露光装置の更なる高解像度化が望まれている。その高解像度化を実現するための手段の一つとして、下記特許文献1に開示されているような、投影光学系と基板との間の露光光の光路空間を液体で満たし、投影光学系と液体とを介して基板を露光する液浸露光装置が案出されている。

特許文献1: 国際公開第99/49504号パンフレット

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0003] 液体が基板と基板ステージとの間のギャップ等を介して基板の裏面側に浸入すると、様々な不具合が発生する可能性がある。例えば基板の裏面側に浸入した液体によって基板の裏面が濡れると、基板ホルダ(基板保持装置)で基板を良好に保持できなくなる虞がある。あるいは、所定の搬送装置を使って基板ホルダから基板を搬出(アンロード)する際、濡れた基板の裏面を保持した搬送系に液体が付着したり、搬送経路に液体が飛散したりする等、被害が拡大する虞もある。

[0004] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、基板の裏面側に液体が浸入することを抑制できるプレート部材、基板保持装置、露光装置、露光方法、並びにその露光装置及び露光方法を用いたデバイス製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] 上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す各図に対応付けした以下の構成を採用している。但し、各要素に付した括弧付き符号はその要素の例示に過ぎず、各要素を限定するものではない。

[0006] 本発明の第1の態様に従えば、液体(LQ)を介して露光される基板(P)を保持する基板保持装置であって、基板(P)を保持する保持部(PH1)と、保持部(PH1)に保持された基板(P)の側面(Pc)に対して所定のギャップ(A)を介して対向し、撥液性を有する所定面(Tc)と、所定面(Tc)の上部に設けられた面取り部(C)とを備え、基板(P)の側面(Pc)には撥液性を有する撥液領域(A1)が設けられており、面取り部(C)は、保持部(PH1)に保持された基板(P)の撥液領域(A1)と対向するように設けられている基板保持装置(PH)が提供される。

[0007] 本発明の第1の態様によれば、面取り部が、基板の側面の撥液領域と対向するように形成されているので、面取り部が存在していても基板の側面と所定面との間のギャップを介して基板の裏面側に液体が浸入することを抑制できる。

[0008] 本発明の第2の態様に従えば、上記態様の基板保持装置(PH)を備え、その基板保持装置(PH)に保持された基板(P)を液体(LQ)を介して露光する露光装置(EX)が提供される。

[0009] 本発明の第2の態様によれば、液体の浸入が抑制された基板保持装置で基板を保持して露光することができる。

[0010] 本発明の第3の態様に従えば、上記態様の露光装置(EX)を用いるデバイス製造方法が提供される。

[0011] 本発明の第3の態様によれば、液体の浸入が抑制された露光装置を使ってデバイスを製造することができる。

[0012] 本発明の第4の態様に従えば、液体(LQ)を介して基板(P)を露光する露光方法

であって、基板(P)の側面(Pc)と、撥液性を有する所定面(Tc)とを所定のギャップ(A)を介して対向させることと、前記液体を介して基板を露光することを含み、所定面(Tc)の上部に面取り部(C)が形成されており、その面取り部(C)と対向するように基板(P)の側面(Pc)に撥液性を有する撥液領域(A1)が設けられている露光方法が提供される。

[0013] 本発明の第4の態様によれば、面取り部と対向するように、基板の側面に撥液領域を設けられているので、基板の側面と対向する所定面に面取り部が存在していても基板の側面と所定面との間のギャップを介して基板の裏面側に液体が浸入することを抑制できる。

[0014] 本発明の第5の態様に従えば、上記態様の露光方法を用いるデバイス製造方法が提供される。本発明の第5の態様によれば、液体の浸入が抑制された露光方法を使ってデバイスを製造することができる。

[0015] 本発明の第6の態様に従えば、基板保持装置(PH)に保持された基板(P)上に液体(LQ)を介して露光光を照射することによって基板を露光する露光装置(EX)で使用するプレート部材であって、基板保持装置(PH)に保持された基板(P)の側面(Pc)と所定のギャップ(A)を介して対向する撥液性の所定面(Tc)と、所定面(Tc)の上部に形成された面取り部(C)とを備え、面取り部(C)が、基板保持装置(PH)に保持された基板の側面(Pc)の撥液領域(A1)と対向するように設けられているプレート部材(T)が提供される。

[0016] 本発明の第6の態様によれば、面取り部が、基板の側面の撥液領域と対向するように形成されているので、面取り部が存在していても基板の側面と所定面との間のギャップを介して基板の裏面側に液体が浸入することを抑制できる。

[0017] 本発明の第7の態様に従えば、液体(LQ)を介して露光される基板(P)を保持する基板保持装置であって、基板(P)を保持する保持部(PH1)と、保持部(PH1)に保持された基板(P)の側面(Pc)とギャップ(A)を介して対向する所定面(Tc)とを備え、所定面(Tc)は、保持部(PH1)に保持された基板(P)の側面(Pc)とほぼ平行な平坦部(F4)と、該平坦部(F4)の上方に延在する面取り部(C)とを有し、基板(P)の側面(Pc)における液体(LQ)の接触角(θ_p)と所定面(Tc)の平坦部(F4)における液

体(LQ)の接触角(θ_T)との和が 180° よりも大きい基板保持装置(PH)が提供される。

- [0018] 本発明の第7の態様によれば、面取り部が存在していても基板の側面と所定面との間のギャップを介して基板の裏面側に液体が侵入することを抑制できる。
- [0019] 本発明の第8の態様に従えば、上記態様の基板保持装置(PH)を備え、その基板保持装置(PH)に保持された基板(P)を液体(LQ)を介して露光する露光装置(EX)が提供される。
- [0020] 本発明の第8の態様によれば、液体の侵入が抑制された基板保持装置で基板を保持して露光することができる。
- [0021] 本発明の第9の態様に従えば、上記態様の露光装置(EX)を用いるデバイス製造方法が提供される。
- [0022] 本発明の第9の態様によれば、液体の侵入が抑制された露光装置を使ってデバイスを製造することができる。
- [0023] 本発明の第10の態様に従えば、基板保持装置(PH)に保持された基板(P)上に液体(LQ)を介して露光光を照射することによって基板(P)を露光する露光装置(EX)で使用されるプレート部材であって、基板保持装置(PH)に保持された基板(P)の側面(Pc)とギャップ(A)を介して対向する所定面(Tc)を有し、該所定面(Tc)は、基板保持装置(PH)に保持された基板(P)の側面(Pc)とほぼ平行な平坦部(F4)と、該平坦部の上方に延在する面取り部(C)とを有し、基板(P)の側面(Pc)における液体(LQ)の接触角(θ_P)と所定面(Tc)の平坦部(F4)における液体(LQ)の接触角(θ_T)との和が 180° よりも大きいプレート部材が提供される。
- [0024] 本発明の第10の態様によれば、面取り部が存在していても基板の側面と所定面との間のギャップを介して基板の裏面側に液体が侵入することを抑制できる。

発明の効果

- [0025] 本発明によれば、基板の裏面側に液体が浸入することを抑制でき、浸入した液体に起因する不都合の発生を防止できる。

図面の簡単な説明

- [0026] [図1]露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

[図2]基板ホルダを示す側断面図である。

[図3]基板の側面及びプレート部材の内側面近傍を示す拡大図である。

[図4](A)～(C)はそれぞれ液体の挙動を示す模式図である。

[図5](A)及び(B)はそれぞれ液体の挙動を示す模式図である。

[図6]本実施形態に係るシミュレーション結果を示す図である。

[図7]マイクロデバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

符号の説明

- [0027] 1…基材、2…膜、A…ギャップ、A1…撥液領域、A2…非撥液領域、C…面取り部、EX…露光装置、LQ…液体、P…基板、Pa…上面(表面)、Pb…下面(裏面)、Pc…側面、PH…基板ホルダ、PH1…第1保持部、PH2…第2保持部、T…プレート部材、Ta…上面(表面)、Tb…下面(裏面)、Tc…側面

発明を実施するための最良の形態

- [0028] 以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれに限定されない。
- [0029] 本実施形態に係る露光装置について図1を参照しながら説明する。図1は露光装置EXを示す概略構成図である。図1において、露光装置EXは、マスクMを保持して移動可能なマスクステージMSTと、基板Pを保持する基板ホルダPHと、基板Pを保持した基板ホルダPHを移動可能な基板ステージPSTと、マスクステージMSTに保持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターン像を基板P上に投影する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTとを備えている。
- [0030] 本実施形態の露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、投影光学系PLの像面側における露光光ELの光路空間K1を液体LQで満たすための液浸機構100を備えている。液浸機構100は、投影光学系PLの像面側近傍に設けられ、液体LQを供給する供給口12及び液体LQを回収する回収口22を有するノズル部材70と、ノズル部材70に設けられた供給口12を介して投影光学系PLの像面側に液体LQを供給する液体供給機構10と、ノズル部材70に設けられた回収口22

を介して投影光学系PLの像面側の液体LQを回収する液体回収機構20とを備えている。ノズル部材70は、基板P(基板ホルダPH)の上方において、投影光学系PLを構成する複数の光学素子の、投影光学系PLの像面に最も近い第1光学素子LS1を囲むように環状に形成されている。

[0031] 露光装置EXは、少なくともマスクMのパターン像を基板P上に投影している間、液体供給機構10から供給した液体LQにより投影光学系PLの投影領域ARを含む基板P上の一部に、投影領域ARよりも大きく且つ基板Pよりも小さい液体LQの液浸領域LRを局所的に形成する局所液浸方式を採用している。具体的には、露光装置EXは、液浸機構100を使って、投影光学系PLの像面に最も近い第1光学素子LS1と、基板ホルダPHに保持され、投影光学系PLの像面側に配置された基板Pとの間の露光光ELの光路空間K1を液体LQで満たし、この投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQ及び投影光学系PLを介してマスクMを通過した露光光ELを基板Pに照射することによってマスクMのパターンを基板Pに転写する。制御装置CONTは、液体供給機構10を使って基板P上に液体LQを所定量供給するとともに、液体回収機構20を使って基板P上の液体LQを所定量回収することで、投影光学系PLと基板Pとの間の露光光ELの光路空間K1を液体LQで満たし、基板P上に液体LQの液浸領域LRを局所的に形成する。

[0032] 本実施形態では、露光装置EXとしてマスクMと基板Pとを走査方向における互いに異なる向き(逆方向)に同期移動しつつマスクMに形成されたパターンを基板Pに露光する走査型露光装置(所謂スキャニングステッパ)を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、水平面内においてマスクMと基板Pとの同期移動方向(走査方向)をX軸方向、水平面内においてX軸方向と直交する方向をY軸方向(非走査方向)、X軸及びY軸方向に垂直で投影光学系PLの光軸AXと一致する方向をZ軸方向とする。また、X軸、Y軸、及びZ軸まわりの回転(傾斜)方向をそれぞれ、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。なお、ここでいう「基板」は、露光処理を含む各種プロセス処理を施される基板(処理基板)であって、半導体ウエハ等の基材(上面、下面及び側面を有する)上に感光材(レジスト)、保護膜(撥液性膜)などの各種の膜を全面的にまたは部分的に塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影される

デバイスパターンを形成されたレチクルを含む。

- [0033] 照明光学系ILは、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光ELを集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、及び露光光ELによるマスクM上の照明領域を設定する視野絞り等を有している。マスクM上の所定の照明領域は照明光学系ILにより均一な照度分布の露光光ELで照明される。照明光学系ILから射出される露光光ELとしては、例えば水銀ランプから射出される輝線(g線、h線、i線)及びKrFエキシマレーザ光(波長248nm)等の遠紫外光(DUV光)、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)及びF₂レーザ光(波長157nm)等の真空紫外光(VUV光)などが用いられる。本実施形態においてはArFエキシマレーザ光が用いられる。
- [0034] 本実施形態においては、液体LQとして純水が用いられている。純水は、ArFエキシマレーザ光のみならず、例えば、水銀ランプから射出される輝線(g線、h線、i線)及びKrFエキシマレーザ光(波長248nm)等の遠紫外光(DUV光)も透過可能である。
- [0035] マスクステージMSTは、マスクMを保持して移動可能である。マスクステージMSTは、マスクMを真空吸着(又は静電吸着)により保持する。マスクステージMSTは、制御装置CONTにより制御されるリニアモータ等を含むマスクステージ駆動装置MSTDの駆動により、マスクMを保持した状態で、投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面内、すなわちXY平面内で2次元移動可能及び θ Z方向に微少回転可能である。マスクステージMST上には移動鏡91が固設されている。また、移動鏡91に対向する位置にはレーザ干渉計92が設けられている。マスクステージMST上のマスクMの2次元方向の位置、及び θ Z方向の回転角(場合によっては θ X、 θ Y方向の回転角も含む)はレーザ干渉計92によりリアルタイムで計測される。レーザ干渉計92の計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTは、レーザ干渉計92の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置MSTDを駆動し、マスクステージMSTに保持されているマスクMの位置制御を行う。
- [0036] 投影光学系PLは、マスクMのパターンの像を所定の投影倍率 β で基板Pに投影する。投影光学系PLは、複数の光学素子を含み、それらの光学素子は鏡筒PKで保

持されている。本実施形態において、投影光学系PLは、投影倍率 β が例えば $1/4$ 、 $1/5$ 、あるいは $1/8$ の縮小系である。なお、投影光学系PLは等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、投影光学系PLは、反射光学素子を含まない屈折系、屈折光学素子を含まない反射系、反射光学素子と屈折光学素子とを含む反射屈折系のいずれであってもよい。また、本実施形態においては、投影光学系PLを構成する複数の光学素子の、投影光学系PLの像面に最も近い第1光学素子LS1は、鏡筒PKより露出している。

- [0037] 基板ステージPSTは、基板Pを保持する基板ホルダPHを支持しつつ投影光学系PLの像面側においてベース部材BP上で移動可能である。基板ステージPSTは、制御装置CONTにより制御されるリニアモータ等を含む基板ステージ駆動装置PSTDの駆動により、ベース部材BP上でXY平面内で2次元移動可能及び θ Z方向に微小回転可能である。更に基板ステージPSTは、Z軸方向、 θ X方向、及び θ Y方向にも移動可能である。したがって、基板ステージPST上の基板ホルダPH、及びその基板ホルダPHに保持された基板Pの上面(表面)Paは、X軸、Y軸、Z軸、 θ X、 θ Y、及び θ Z方向の6自由度の方向に移動可能である。基板ホルダPHの側面には移動鏡93が固設されている。また、移動鏡93に対向する位置にはレーザ干渉計94が設けられている。基板ホルダPH上の基板Pの2次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計94によりリアルタイムで計測される。また、露光装置EXは、基板Pの上面Paの面位置情報を検出する斜入射方式のフォーカス・レベリング検出系(不図示)を備えている。フォーカス・レベリング検出系は、基板Pの上面Paの面位置情報(Z軸方向の位置情報、及び θ X及び θ Y方向の傾斜情報)を検出する。なお、フォーカス・レベリング検出系は、静電容量型センサを使った方式のものを採用してもよい。レーザ干渉計94の計測結果は制御装置CONTに出力される。フォーカス・レベリング検出系の検出結果も制御装置CONTに出力される。制御装置CONTは、フォーカス・レベリング検出系の検出結果に基づいて、基板ステージ駆動装置PSTDを駆動し、基板Pのフォーカス位置(Z位置)及び傾斜角(θ X、 θ Y)を制御して基板Pの表面を投影光学系PLの像面に合わせ込むとともに、レーザ干渉計94の計測結果に基づいて、基板PのX軸方向、Y軸方向、及び θ Z方向における位置制御を行う。

- [0038] 次に、液浸機構100の液体供給機構10及び液体回収機構20について説明する。液体供給機構10は、液体LQを投影光学系PLの像面側に供給する。液体供給機構10は、液体LQを送出可能な液体供給部11と、液体供給部11にその一端を接続する供給管13とを備えている。供給管13の他端はノズル部材70に接続されている。ノズル部材70の内部には、供給管13の他端と供給口12とを接続する内部流路(供給流路)が形成されている。液体供給部11は、液体LQを収容するタンク、加圧ポンプ、供給する液体LQの温度を調整する温度調整機構、及び液体LQ中の異物を取り除くフィルタユニット等を備えている。液体供給部11の液体供給動作は制御装置CONTにより制御される。なお、液体供給機構10のタンク、加圧ポンプ、温度調整機構、フィルタユニット等は、その全てを露光装置EXが備えている必要はなく、露光装置EXが設置される工場等の設備を代用してもよい。
- [0039] 液体回収機構20は、投影光学系PLの像面側の液体LQを回収する。液体回収機構20は、液体LQを回収可能な液体回収部21と、液体回収部21にその一端を接続する回収管23とを備えている。回収管23の他端はノズル部材70に接続されている。ノズル部材70の内部には、回収管23の他端と回収口22とを接続する内部流路(回収流路)が形成されている。液体回収部21は例えば真空ポンプ等の真空系(吸引装置)、回収された液体LQと気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体LQを収容するタンク等を備えている。なお、液体回収機構20の真空系、気液分離器、タンク等は、その全てを露光装置EXが備えている必要はなく、露光装置EXが設置される工場等の設備を代用してもよい。
- [0040] 液体LQを供給する供給口12及び液体LQを回収する回収口22はノズル部材70の下面70Aに形成されている。ノズル部材70の下面70Aは、基板Pの上面Pa(プレート部材Tの上面Ta)と対向する位置に設けられている。ノズル部材70は、第1光学素子LS1の側面を囲むように設けられた環状部材であって、供給口12は、ノズル部材70の下面70Aにおいて、投影光学系PLの第1光学素子LS1(投影光学系PLの光軸AX)を囲むように複数設けられている。また、回収口22は、ノズル部材70の下面70Aにおいて、第1光学素子LS1に対して供給口12よりも外側に設けられており、第1光学素子LS1及び供給口12を囲むように設けられている。

- [0041] 液体LQの液浸領域LRを形成する際、制御装置CONTは、液体供給部11及び液体回収部21のそれぞれを駆動する。制御装置CONTの制御のもとで液体供給部11から液体LQが送出されると、その液体供給部11から送出された液体LQは、供給管13を流れた後、ノズル部材70の供給流路を介して、供給口12より投影光学系PLの像面側に供給される。また、制御装置CONTのもとで液体回収部21が駆動されると、投影光学系PLの像面側の液体LQは回収口22を介してノズル部材70の回収流路に流入し、回収管23を流れた後、液体回収部21に回収される。
- [0042] 基板Pを液浸露光するときには、制御装置CONTは、液浸機構100を使って投影光学系PLと基板ホルダPHに保持されている基板Pとの間の露光光ELの光路空間K1を液体LQで満たし、投影光学系PLと液体LQとを介して基板P上に露光光ELを照射することによって、基板Pを露光する。
- [0043] 次に、図2を参照しながら基板ホルダPHについて説明する。図2は基板ホルダPHの側断面図である。基板ホルダPHは、基材PHBと、基材PHBに形成され、基板Pを保持する第1保持部PH1と、基材PHBに形成され、第1保持部PH1に保持された基板Pの周囲を囲むようにプレート部材Tを保持する第2保持部PH2とを備えている。プレート部材Tは、基材PHBとは別の部材であって、第2保持部PH2に対して脱着（交換）可能に設けられている。本実施形態においては、基板Pは平面視略円形状である。また、プレート部材Tは略環状部材であって、その中央部には、基板Pを配置可能な略円形状の孔THが設けられている。第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの内側面（内側の側面）Tcは、第1保持部PH1に保持された基板Pの側面Pcを囲むように配置されている。また、プレート部材Tの内側面Tcの上部は面取りされており、内側面Tcの上部には面取り部Cが形成されている。金属などの材料から加工される各種の部材は、加工の際にエッジが面取りされることが多い。本実施形態において、基板Pの周囲に配置されるプレート部材Tも面取りされており、プレート部材Tの内側面Tcの上部を面取りすることで、エッジなどにバリの発生が抑えられ、異物等の発生が防止される。しかし、後述するようにプレート部材Tは液浸領域の液体と接触するために、プレート部材Tに形成される面取り部Cが液体の挙動に影響を及ぼす可能性がある。特に、プレート部材Tに面取り部Cが形成されることによって、プレ

ート部材Tと基板Pとの間のギャップAが広がったり、プレート部材Tと基板Pとの間における液体LQの界面の形状が+Z方向に凸状になりやすくなる。この結果、液体がギャップAに侵入し易くなり、さらには、ギャップAを通じて基板Pの裏面に達する恐れがある。本発明者は、このような状況を分析した結果、面取り部Cがプレート部材Tに形成されている場合に、面取り部Cと基板の側面の撥液性領域との位置関係が重要であることを見出した。

[0044] 基板ホルダPHの第1保持部PH1は、基材PHBの第1上面PU1上に形成された凸状の第1支持部46と、第1支持部46の周囲を囲むように基材PHB上に形成された環状の第1周壁部42と、第1周壁部42の内側の基材PHBの第1上面PU1上に設けられた第1吸引口41とを備えている。第1支持部46は、基板Pの下面(裏面)Pbを支持するものであって、第1周壁部42の内側において複数一様に形成されている。第1支持部46は複数の支持ピンを含んでいる。第1周壁部42は、基板Pの外形に応じて略円環状に形成されている。第1周壁部42の上面42Aは、第1保持部PH1に保持された基板Pの下面Pbの周縁領域(エッジ領域)に対向するように設けられている。第1周壁部42の上面42Aは平坦面となっている。本実施形態においては、第1支持部46の上面46Aは、第1周壁部42の上面42Aと同じ高さか、上面42Aよりも僅かに高く形成されている。そして、第1保持部PH1に保持された基板Pの下面Pb側には、基板Pと第1周壁部42と基材PHBの第1上面PU1とで囲まれた第1空間31が形成される。

[0045] 第1吸引口41は基板Pを吸着保持するためのものであって、第1周壁部42の内側において、基材PHBの第1上面PU1(第1支持部46は除く)の複数の所定位置にそれぞれ設けられている。本実施形態においては、第1吸引口41は第1周壁部42の内側において第1上面PU1上に複数一様に配置されている。

[0046] 第1吸引口41のそれぞれは、不図示の真空系に流路を介して接続されている。真空系は、基板Pと第1周壁部42と基材PHBとで囲まれた第1空間31を負圧にするための真空ポンプを含む。上述したように、第1支持部46は支持ピンを含み、本実施形態における第1保持部PH1は、所謂ピンチャック機構を構成している。制御装置CONTは、真空系を駆動し、基板Pと第1周壁部42と基材PHBの第1上面PU1とで囲ま

れた第1空間31内部のガス(空気)を吸引してこの第1空間31を負圧にすることによって、基板Pを第1保持部PH1で吸着保持する。

[0047] 基板ホルダPHの第2保持部PH2は、第1周壁部42を囲むように基材PHB上に形成された略円環状の第2周壁部62と、第2周壁部62の外側に設けられ、第2周壁部62を囲むように基材PHB上に形成された環状の第3周壁部63と、第2周壁部62と第3周壁部63との間の基材PHB上に形成された凸状の第2支持部66と、第2周壁部62と第3周壁部63との間における基材PHBの第2上面PU2上に設けられた第2吸引口61とを備えている。第2支持部66は、プレート部材Tの下面(裏面)Tbを支持するものであって、第2周壁部62と第3周壁部63との間において複数一様に形成されている。本実施形態においては、第2支持部66も、第1支持部46同様、複数の支持ピンを含む。第3周壁部63は第1空間31に対して第2周壁部62の外側に設けられている。また、第2周壁部62は、プレート部材Tの穴THの形状に応じて略円環状に形成されている。一方、第3周壁部63は、プレート部材Tの外形に応じて略矩形環状に形成されている。第2周壁部62の上面62Aは、第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの下面Tbの、孔TH近傍の内縁領域(内側のエッジ領域)に対向するように形成されている。第3周壁部63の上面63Aは、第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの下面Tbの、外縁領域(外側のエッジ領域)に対向するように形成されている。第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの下面Tb側には、基材PHBの第2上面PU2と第2、第3周壁部62、63とプレート部材Tの下面Tbとで囲まれた第2空間32が形成される。

[0048] 第2周壁部62と第3周壁部63との間における基材PHBの第2上面PU2上には第2吸引口61が形成されている。第2吸引口61はプレート部材Tを吸着保持するためのものであって、第2周壁部62と第3周壁部63との間において、基材PHBの上面の第2支持部66以外の複数の所定位置にそれぞれ設けられている。本実施形態においては、第2吸引口61は第2周壁部62と第3周壁部63との間において第2上面PU2上に複数一様に配置されている。

[0049] 第2吸引口61のそれぞれは、不図示の真空系に流路を介して接続されている。真空系は、基材PHBと第2、第3周壁部62、63とプレート部材Tの下面Tbとで囲まれ

た第2空間32を負圧にするために真空ポンプを含む。上述したように、第2支持部66は支持ピンを含み、本実施形態における第2保持部PH2も、第1保持部PH1同様、所謂ピンチャック機構を構成している。第2、第3周壁部62、63は、第2支持部66を含む第2空間32の外側を囲む外壁部として機能しており、制御装置CONTは、真空系を駆動し、基材PHBと第2、第3周壁部62、63とプレート部材Tとで囲まれた第2空間32内部のガス(空気)を吸引してこの第2空間32を負圧にすることによって、プレート部材Tを第2支持部66で吸着保持する。

[0050] 第1保持部PH1に保持された基板Pの側面Pcと、第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの内側面Tcとは対向しており、基板Pの側面Pcとプレート部材Tの内側面Tcとの間には所定のギャップAが設けられている。

[0051] また、プレート部材Tの上面(表面)Ta及び下面Tbのそれぞれは平坦面となっている。また、プレート部材Tの厚さD2は基板Pの厚さD1よりも厚く設けられている。そして、本実施形態においては、基板ホルダPHは、基板Pの下面Pbがプレート部材Tの下面Tbよりも高くなるように(+Z側になるように)、基板P及びプレート部材Tのそれぞれを第1保持部PH1及び第2保持部PH2のそれぞれで保持する。また、本実施形態においては、第1保持部PH1に保持された基板Pの上面Paと、第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの上面Taとがほぼ面一となるように設けられている。

[0052] プレート部材Tの上面Ta、下面Tb、及び内側面Tcのそれぞれは、液体LQに対して撥液性を有している。本実施形態においては、プレート部材Tはステンレス鋼等の金属製であり、その金属製のプレート部材Tの上面Ta、下面Tb、及び内側面Tcのそれぞれに、液体LQに対して撥液性を有する撥液性材料が被覆されている。撥液性材料としては、ポリ四フッ化エチレン等のフッ素系樹脂材料、アクリル系樹脂材料等が挙げられる。あるいは、そのプレート部材Tに旭硝子社製「サイトップ」を被覆することができる。なお、プレート部材Tを撥液性にするために、プレート部材T自体をフッ素系樹脂材料などの撥液性材料で形成してもよい。

[0053] したがって、第1保持部PH1に保持された基板Pの側面Pcに対して所定のギャップAを介して、撥液性を有するプレート部材Tの内側面Tcが対向している。

[0054] 基板Pの周囲にプレート部材Tを配置することで、例えば基板Pの上面Paの周縁領

域を露光するときに、液体LQの液浸領域LRを基板Pの上面Paとプレート部材Tの上面Taとに跨って形成したり、あるいは、基板Pの上面Paとプレート部材Tの上面Taとの間で液浸領域LRを移動する場合においても、液浸領域LRを良好に保持することができ、投影光学系PLの像面側の光路空間K1を液体LQで満たし続けることができる。

- [0055] 図3は基板Pの側面Pc及びプレート部材Tの内側面Tcの一例を示す図である。上述のように、第1保持部PH1に保持された基板Pの下面Pbは第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの下面Tbよりも高い位置に設けられ、プレート部材Tの厚さD2は、基板Pの厚さD1よりも厚く設けられている。また、第1保持部PH1に保持された基板Pの上面Paと第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの上面Taとはほぼ面一となっている。本実施形態において、基板Pの厚さD1は約0.775mmである。
- [0056] また、本実施形態において、基板Pの側面Pcの上部及び下部のそれぞれを含む領域は断面視において曲面(円弧状)となっている。以下の説明においては、基板Pの側面Pcの上部の曲面領域を適宜、「上円弧部R1」と称し、下部の曲面領域を適宜、「下円弧部R2」と称する。また、第1保持部PH1に保持された基板Pの側面Pcの円弧部R1、R2以外の領域F1の断面形状は平面(平坦状)であり、鉛直方向(Z軸方向)とほぼ平行に設けられている。以下の説明においては、基板Pの側面Pcの円弧部R1、R2以外の領域を適宜、「第1平坦部F1」と称する。
- [0057] 第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの内側面Tcの上部には面取り部Cが設けられている。また、プレート部材Tの内側面Tcの面取り部C以外の領域F2の断面形状は平面(平坦状)であり、鉛直方向(Z軸方向)とほぼ平行に設けられている。以下の説明においては、プレート部材Tの内側面Tcの面取り部C以外の領域を適宜、「第2平坦部F2」と称する。
- [0058] そして、基板Pの側面Pcの第1平坦部F1とプレート部材Tの内側面Tcの第2平坦部F2とのそれぞれはZ軸方向とほぼ平行に設けられているため、第1保持部PH1に保持された基板Pの第1平坦部F1と第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの第2平坦部F2とは互いに略平行となっている。
- [0059] 本実施形態において、円弧部R1、R2のZ軸方向の大きさD3、D4はそれぞれ約0

、25mmである。ここで、上円弧部R1の大きさD3とは、基板Pの上面Paの位置と上円弧部R1の下端位置との間のZ軸方向の距離である。下円弧部R2の大きさD4とは、基板Pの下面Pbの位置と下円弧部R2の上端位置との間のZ軸方向の距離である。基板Pの厚さD1は約0.775mmであり、円弧部R1、R2の大きさD3、D4はそれぞれ約0.25mmなので、第1平坦部F1のZ軸方向の大きさD5は、約0.275mmとなる。

[0060] 本実施形態において、プレート部材Tの面取り部Cの面取り角度はほぼ45度である。すなわち、面取り部Cはプレート部材Tの上面Taに対してほぼ45度の角度をなす平坦な面で確成されている。面取り部Cの深さ(Z軸方向の大きさ)D6は0.5mm以下に設定されている。また、プレート部材Tの内側面Tcの上部に設けられた面取り部Cは、プレート部材Tの上面Taと連続的に設けられている(プレート部材Tの上面Taに至るように延在している)。内側面Tcに設けられた面取り部C及び上面Taのそれぞれは撥液性を有し、上述のように、プレート部材Tの上面Taは第1保持部PH1に保持された基板Pの上面Paとほぼ面一である。したがって、基板ホルダPHは、第1保持部PH1に保持された基板Pの上面Paとほぼ面一となるように、内側面Tcの上部の面取り部Cに対して連続的に設けられた撥液性の上面Taを備えている。

[0061] また、上述のように、基板Pの側面PcにはギャップAを介して撥液性を有するプレート部材Tの内側面Tcが対向するように設けられている。ギャップAは、基板Pの側面Pcの第1平坦部F1とプレート部材Tの内側面Tcの第2平坦部F2との間の距離である。本実施形態においては、ギャップAは、0.1～0.5mm程度に設定されている。

[0062] 基板Pの上面Pa及び側面Pcの一部には、液体LQに対して撥液性を有する領域A1が設けられている。以下の説明においては、基板Pの上面Pa及び側面Pcの一部に設けられた撥液性を有する領域を適宜、「撥液領域A1」と称する。基板Pの上面Pa及び側面Pcの撥液領域A1は、基板Pの基材1に撥液性材料を被覆した領域である。基板Pは、半導体ウエハ(シリコンウエハ)等の基材1の上面に感光材(レジスト)を塗布したものであるが、本実施形態においては、基材1の上面に塗布された感光材を更に覆う膜2が設けられる。なお図3には感光材は図示されていない。膜2は、感光材を保護する保護膜(トップコート膜)として機能しており、基板P(基材1)の上面Paと

、上円弧部R1を含む側面Pcとのそれぞれに連続的に略均一な厚さ(約200nm)で設けられる。そして、この膜2を形成する材料が、液体LQに対して撥液性を有し、その撥液性材料を基板Pの基材1に被覆することにより、基板Pの上面Pa及び側面Pcのそれぞれに撥液領域A1が設けられる。本実施形態においては、膜2を形成する形成材料(撥液性材料)として、東京応化工業株式会社製「TSP-3A」が用いられている。なお、基板P(基材1)の上面Paは撥液性でなくてもよい。すなわち、基板P(基材1)の上面Paは撥液領域A1に含まれていなくても良い。

[0063] 撥液領域A1(膜2)は基板P(基材1)の側面Pcの一部にも形成されている。図3に示す例では、撥液領域A1は、上円弧部R1の全部と第1平坦部F1の一部とに設けられている。そして、基板Pの下面Pbの位置と撥液領域A1の下端位置との間の距離D7が所定値に設定されている。また、基板Pの側面Pcの、撥液領域A1以外の領域A2には膜2が被覆されておらず、その領域A2においては基材1が露出している。更に、基板Pの下面Pbにも膜2が被覆されていない。以下の説明においては、基板Pの側面Pcの撥液領域A1以外の領域及び下面Pbを適宜、「非撥液領域A2」と称する。

[0064] 非撥液領域A2を設けることにより、例えば基板Pの下面Pbを保持して搬送する搬送装置の汚染を防止することができる。非撥液領域A2は、例えば基板Pの側面Pcに膜2を被覆した後、その膜2を除去(リンス)することで形成される。すなわち、距離D7は、膜2の除去(リンス)位置を調整することで、所望の値に設定することができる。

[0065] そして、図3に示す例では、基板Pの側面Pcの第1平坦部F1には、撥液領域A1と非撥液領域A2とのそれぞれが設けられている。以下の説明においては、基板Pの側面Pcの第1平坦部F1の撥液領域A1を適宜、「第1撥液平坦部F3」と称する。

[0066] そして、プレート部材Tの面取り部Cは、第1保持部PH1に保持された基板Pの撥液領域A1(膜2)と対向するように設けられている。すなわち、前述のように、プレート部材Tに面取り部Cが形成されることによって、プレート部材Tと基板Pとの間のギャップAに液体が侵入して基板Pの裏面に達しやすくなる。これを防止するために、本発明ではプレート部材Tの面取り部Cと第1保持部PH1に保持された基板Pの撥液領域A1とが互いに対向している。特に本発明者の解析によると、基板Pの撥液領域A1とそれに対向する面取り部Cの位置関係を所定の関係に調整することにより基板Pの

裏面に液体が到達することが一層有効に防止できることが分った。それゆえ、面取り部Cの深さD6は、後述のように基板Pの側面Pcの撥液領域A1に応じて設定される。具体的には、図3に示すように、第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの面取り部Cの下端が、第1保持部PH1に保持された基板Pの側面Pcの撥液領域A1の下端よりも高い位置(+Z側の位置)になるように、面取り部Cの深さD6が設定されている。したがって、プレート部材Tの内側面Tcの第2平坦部F2の一部には、基板Pの側面Pcの第1撥液平坦部F3と対向する領域F4が設けられる。以下の説明においては、プレート部材Tの内側面Tcの第2平坦部F2の、基板Pの側面Pcの第1撥液平坦部F3と対向する領域を適宜、「第2撥液平坦部F4」と称する。

- [0067] また、基板Pの側面Pcの撥液領域A1の液体LQとの接触角 θ_p と、プレート部材Tの内側面Tcの液体LQとの接触角 θ_t との和は、180度よりも大きくなっている。すなわち、ほぼ平行な第1撥液平坦部F3と第2撥液平坦部F4との間に液体LQの界面Lが存在する場合、基板Pの側面Pcと液体LQの界面Lとの交点J1における液体LQの接触角 θ_p と、プレート部材Tの内側面Tcと液体LQの界面Lとの交点J2における液体LQの接触角 θ_t との和が180°よりも大きくなっている。接触角 θ_p と接触角 θ_t との和が180度よりも大きければ、プレート部材Tと基板Pとの間における液体LQの界面の形状が下方(-Z方向)に凸状になり、ラプラスの定理などに基づき、液体LQの表面張力、液体LQの界面が下方に移動しづらくなる。そのため、液体LQにかなりの圧力がかからない限り、液体LQの表面張力により基板Pとプレート部材Tのギャップから侵入した液体は下方(基板の裏面側)に流れ出ないことが分っている。したがって、基板Pの撥液領域A1の液体LQとの接触角 θ_p は90度以上であることが望ましく、プレート部材Tの内側面Tcの液体LQとの接触角 θ_t も90度以上であることが望ましい。本実施形態では、基板Pの撥液領域A1の液体LQとの接触角 θ_p はほぼ110度であり、プレート部材Tの内側面Tcの液体LQとの接触角 θ_t もほぼ110度である。すなわち、本実施形態においては、基板Pの側面Pcの撥液領域A1の液体LQとの接触角 θ_p と、プレート部材Tの内側面Tcの液体LQとの接触角 θ_t との和は、約220度となっている。なお、ラプラスの定理については、例えば「表面張力の物理学」(株)吉岡書店発行)の第6頁～第9頁などに記載されている。

[0068] そして、面取り部Cの深さD6を、基板Pの撥液領域A1に応じて設定し、第2撥液平坦部F4を設けるようにすることで、図3に示すように、ギャップA上に液体LQの液浸領域LRが形成されても、基板Pとプレート部材Tとの間における液体LQとその外側(下側)の気体との界面Lの形状を下向き凸状(−Z方向に向かって凸状)に維持することができ、ギャップAを介して基板Pの下面Pb側に液体LQが浸入することを抑制することができる。

[0069] 図4(A)～(C)は、基板Pとプレート部材Tとの間で液体LQが種々の位置に存在する状態を模式的に示した図である。図4(A)に示すように、液体が面取り部C上に存在している状況、すなわち、液体LQの界面Lの基板Pとの交点J1が上円弧部R1に位置し、界面Lのプレート部材Tとの交点J2が面取り部Cに位置している場合、界面Lの形状は上向き凸状となる。液体LQと上円弧部R1との接触角 θ_p が110度であるとともに、液体LQと面取り部Cとの接触角 θ_t が110度である場合においても、上円弧部R1及び面取り部CはZ軸方向に対して傾斜しており、上円弧部R1と面取り部Cとの間のギャップは下側に向かうにつれて漸次窄まるテーパ状であるため、界面Lの形状は上向き凸状になる。このように、基板P及びプレート部材Tのそれぞれが撥液性であっても、基板P及びプレート部材Tの形状に応じて、界面Lの形状が上向き凸状となる場合がある。界面Lの形状が上向き凸状の場合には、液体LQの表面張力に応じて液体LQに下向き(−Z方向)の力が作用し、毛管現象によって界面L(液体LQ)は基板Pとプレート部材Tとの間を下向きに移動する。図4(A)に示す状況から界面L(液体LQ)が基板Pとプレート部材Tとの間を下向きに移動すると、図4(B)に示す状況に至るであろう。

[0070] 図4(B)に示すように、液体LQが面取り部Cの下端に達している状況、すなわち、界面Lの基板Pとの交点J1が第1撥液平坦部F3に位置し、界面Lのプレート部材Tとの交点J2が面取り部Cの下端に位置している場合においても、界面Lの形状は下向き凸状にならない可能性が高い。それゆえ、この場合においても、界面Lは基板Pとプレート部材Tとの間を下向きに移動する可能性が高い。図4(B)に示す状況からさらに(液体LQ)が基板Pとプレート部材Tとの間を下向きに移動すると、図4(C)に示す状況に至るであろう。

- [0071] 図4(C)に示すように、界面Lの基板Pとの交点J1が第1撥液平坦部F3に位置し、界面Lのプレート部材Tとの交点J2が第2撥液平坦部F4に位置する場合においては、液体LQと第1撥液平坦部F3との接触角 θ_p が110度であるとともに、液体LQと第2撥液平坦部F4との接触角 θ_t が110度であり、第1撥液平坦部F3と第2撥液平坦部F4とは互いにほぼ平行であるため、界面Lの形状は下向き凸状になる。この場合、液体LQの表面張力に応じて液体LQには上向きの力が作用するため、基板Pとプレート部材Tとの間において界面Lが下向きに移動することが防止される。
- [0072] このように、第2撥液平坦部F4が設けられる程度に面取り部Cの深さD6を小さく設定することで、ギャップAの上側に形成された液浸領域LRの液体LQ(界面L)が、基板Pとプレート部材Tとの間を下向きに移動しても、界面Lの下向きの移動を、第1撥液平坦部F3と第2撥液平坦部F4との間でくい止めることができる。
- [0073] 例えば、図5(A)に示すように、基板Pの側面Pcの撥液領域A1とプレート部材Tの内側面Tcの面取り部Cの一部の領域とが対向しない状況が生じた場合、換言すれば、第2撥液平坦部F4が設けられない程度に面取り部Cの深さD6を大きくした場合、界面Lの下向きの移動をくい止める領域が無くなるので、液体LQがギャップAを介して基板Pの下面Pb側に浸入してしまう可能性が高くなる。
- [0074] なお、図5(B)に示すように、第2撥液平坦部F4を設けた場合であっても、基板Pとプレート部材Tとの隙間の上側に形成された液浸領域LRの液体LQの圧力Pfが高まって界面Lが-Z方向に移動し、界面Lの基板Pとの交点J1が非撥液領域A2に達した場合、基板Pの基材1は親液性(例えば液体LQに対する接触角が10度程度)なので、界面Lの形状は上向き凸状となり、基板Pとプレート部材Tとの間において界面Lが下向きに移動し、液体LQが基板Pの下面Pb側に浸入する可能性が高くなる。したがって、圧力Pfが基板Pとプレート部材Tとの間の液体LQの表面張力に起因する圧力Psよりも小さくなるように、液浸機構100による液体LQの供給動作及び回収動作を行うことが望ましい。ここで、圧力Pfは、液体LQの流れに起因する圧力及び液体LQの自重(静水圧)を含む。
- [0075] 図6は、面取り部Cの深さD6と、界面Lの位置と、表面張力に起因する圧力(耐圧)Psとの関係を導出したシミュレーション結果を示す図である。図6中、横軸は基板Pの

下面Pbを基準とした界面Lと基板Pの側面Pcとの交点J1のZ軸方向の位置、換言すれば基板Pの下面Pbと交点J1とのZ軸方向に関する距離D8(図3参照)であり、縦軸は耐圧Psである。耐圧Psがプラスの場合には、基板Pとプレート部材Tとの間の界面Lの下向きの移動が抑えられ、耐圧Psがマイナスの場合には、界面Lが下向きに移動する。また、ラインL2、L3、L4、L5、L6のそれぞれは、面取り部Cの深さD6が0.2mm、0.3mm、0.4mm、0.5mm、0.6mmの場合の界面Lの位置と耐圧Psとの関係を示している。

[0076] 図6においては、交点J1と交点J2とのZ軸方向の位置は同じであるものとする。また、図6においては、基板Pの側面Pcの全部(上円弧部R1、第1平坦部F1、下円弧部R2)が撥液性を有する撥液領域A1であるものとする。

[0077] 例えば面取り部Cの深さD6が0.4mmに設定されている場合、基板Pの下面Pbを基準としたときの第2撥液平坦部F4の下端部の位置は0.25mmであり、上端部の位置は0.375mmである。そして、界面Lの交点J1(J2)の位置が0.375mmよりも高い位置に存在する状態においては、耐圧Psはマイナスとなり、界面Lが下向きに移動する。また、第2撥液平坦部F4に界面Lの交点J2(ひいては交点J1)が達している状態においては、耐圧Psは最大値(約250Pa)となる。また、交点J1が基板Pの下円弧部R2に設けられる場合、交点J1が第1撥液平坦部F3に設けられる場合に比べて耐圧Psは低下し、下円弧部R2における交点J1の位置が基板Pの下面Pbに近づくにつれて徐々に小さくなる。図6から分かるように、面取り部Cの深さD6が0.4mmである場合において、耐圧Psをプラスとするためには、交点J1の位置を約0.1mm～0.375mmの範囲におさめるようにすればよい。

[0078] 基板Pの側面Pcの全部が撥液領域A1であり、基板Pの上面Paとプレート部材Tの上面Taとがほぼ面一である場合において、第2撥液平坦部F4を設けるためには、面取り部Cの深さD6は、最大で0.525mm許容されるが、圧力Pfの変動等に起因する界面Lの上下方向への揺動、第1保持部PH1に対する基板Pの載置誤差、及び第2保持部PH2に対するプレート部材Tの載置誤差等を考慮して、面取り部Cの深さD6を0.5mm以下に設定する。こうすることにより、所望量の第2撥液平坦部F4を確保することができる。

[0079] また、基板Pの下面Pbと撥液領域A1の下端部との距離D7が大きく設けられている場合、面取り部Cの深さD6を小さくすることで、第2撥液平坦部F4の大きさを大きくすることができる。距離D7を大きく設けることにより、搬送装置の汚染などをより効果的に抑制することもできる。また、基板Pの側面Pcの撥液領域A1における液体LQの接触角が比較的小さい場合には、面取り部Cの深さはできる限り小さいほうが望ましい。基板Pの側面Pcの撥液領域A1における液体LQの接触角が比較的小さい場合には、液体LQの界面Lが第1撥液平坦部F3と第2撥液平坦部F4との間に位置していても、耐圧Psが小さいので、第2撥液平坦部F4を大きくする必要があるからである。また、基板Pの側面Pcの撥液領域A1が十分に大きい場合（距離D7が小さい場合）、面取り部Cの深さD6を比較的大きくしても、所望量の第2撥液平坦部F4を確保することができる。また、基板Pの側面Pcの撥液領域A1における液体LQの接触角が十分に大きい場合には、面取り部Cの深さD6を大きくしてもよい。基板Pの側面Pcの撥液領域A1における液体LQの接触角が十分に大きい場合には、液体LQの界面Lが第1撥液平坦部F3と第2撥液平坦部F4との間に位置しているときの耐圧Psが大きいため、第2撥液平坦部F4が小さくても液体LQの界面Lの下方への移動を抑えることができるからである。面取り部Cの深さD6を大きくしたほうが、面取り部Cを加工するときの加工性がよいため、面取り部Cの深さD6を大きく設けることにより、加工性良くプレート部材Tを製造することができる。このように、面取り部Cの深さD6を、基板Pの撥液領域A1の大きさに応じて設定することができる。

[0080] なお、基板Pの上面Paとプレート部材Tの上面Taとがほぼ面一の場合、面取り部Cの深さD6を0.25mm以下に抑えたとしても、その面取り部Cと対向する位置には、基板Pの上円弧部R1が設けられているため、界面Lの交点J1が上円弧部R1に設けられた状態においては、界面Lの形状が下向き凸状にならない可能性が高い。また、上述のように、面取り部Cの深さD6を小さくすることは加工性が低いため、面取り部Cの深さD6は、0.25mm以上に設定することが加工の観点から望ましい。

[0081] また、加工上の理由などによって面取り部Cの深さD6が定められている場合には、プレート部材Tの上部に形成されている面取り部Cと対向するように、基板Pの側面Pcに撥液性を有する撥液領域A1の深さ（距離D7）を設定してもよい。すなわち、基板

Pの撥液領域A1を、面取り部Cの深さD6に応じて設定してもよい。この場合においても、基板Pの撥液領域A1の下端位置が面取り部Cの下端位置よりも低くなるように撥液領域A1を設けることにより、第2撥液平坦部F4を設けることができる。例えば、面取り部Cの深さD6が大きく設けられている場合には、距離D7が小さくなるように基板Pの側面Pcの広範囲に撥液領域A1を設けることにより、所望量の第2撥液平坦部F4を確保することができる。一方、面取り部Cの深さD6が小さい場合には、距離D7が大きくなるように基板Pの側面Pcに撥液領域A1を設けることにより、搬送装置の汚染などを防止しつつ、所望量の第2撥液平坦部F4を確保することができる。

[0082] 液体LQの浸入(漏れ)防止の観点から、第2撥液平坦部F4は可能な限り大きいことが好ましく、そのためには、基板Pの側面Pcの撥液領域A1を大きくするとともに、プレート部材Tの面取り部Cの深さD6を小さくすることが好ましい。一方で、例えば側面Pcの下端部まで膜2を形成する撥液性材料を塗布した場合、上述のように、基板Pの下面Pbを保持して搬送する搬送装置に撥液性材料が付着して搬送装置を汚染する可能性がある。したがって、基板Pの側面Pcにおいて、下端部の所定領域には撥液性材料を被覆しないことが好ましい。また図6に示したように、下円弧部R2に撥液性材料を被覆したとしても、交点J1が下円弧部R2に設けられている状態においては、面取り部Cの深さD6に関わらず、十分な耐圧Psを得ることができない。また、交点J1、J2が第1、第2撥液平坦部F3、F4に設けられているときに、界面Lが下向き凸状となって大きな耐圧値を得ることができるため、基板Pの側面Pcの、第2平坦部F2に対向する第1平坦部F1に撥液性材料を被覆しておくことで、液体LQの浸入(漏れ)を効果的に防止することができる。基板Pの下面Pbを基準とした第1平坦部F1の下端部の位置は0.25mmであるため、基板Pの下面位置と撥液領域A1(膜2)の下端位置との距離D7を0.25mmに設定することで、第1平坦部F1の全部を撥液領域A1にすることができる。そして、圧力Pfの変動等に起因する界面Lの上下方向への揺動、膜2を設けるときの加工精度等を考慮して、基板Pの下面位置と撥液領域A1(膜2)の下端位置との距離D7を0.2mm以上に設定することが望ましい。

[0083] 以上説明したように、面取り部Cを、基板Pの側面Pcの撥液領域A1と対向するように設けたので、基板Pの側面Pcとプレート部材Tの内側面Tcとの間のギャップを介し

て基板Pの下面Pb側に液体LQが浸入することを抑制できる。そして、基板Pの形状に関する条件及び基板Pの液体LQとの接触角に関する条件に応じて、プレート部材Tの面取り部Cの深さD6を最適化することで、液体LQの浸入(漏れ)を抑制することができる。

[0084] なお、上述の実施形態において、基板Pにノッチ部、オリエンテーションフラット部(オリフラ部)等の切欠部が形成されている場合には、プレート部材Tの面取り部Cを含む内側面Tcを、基板Pの切欠部に応じた形状に形成してもよい。具体的には、基板Pの切欠部に対応するように、プレート部材Tの内側面Tcの一部に突起部を設け、基板Pの切欠部とプレート部材Tの突起部との間においても、ギャップAを確保する。

[0085] なお、基板の厚さD1とプレート部材Tの厚さD2とはほぼ同じであってもよい。また、上述の実施形態においては、第1保持部PH1に保持された基板Pの上面Paと第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの上面Taとはほぼ面一であるが、投影光学系PLの像面側の光路空間K1を液体LQで満たし続けることができるならば、第1保持部PH1に保持された基板Pの上面Paと第2保持部PH2に保持されたプレート部材Tの上面Taとの間に段差があっても構わない。その場合、その段差に応じて面取り部Cの深さD6を設定する必要がある。

[0086] また、上述の実施形態においては、基板Pの吸着保持にはピンチャック機構を採用しているが、その他のチャック機構を採用してもよい。同様に、プレート部材Tの吸着保持にはピンチャック機構を採用しているが、その他のチャック機構を採用してもよい。また、本実施形態においては、基板P及びプレート部材Tの吸着保持に真空吸着機構を採用しているが、少なくとも一方を静電吸着機構などの他の機構を用いて保持するようにしてもよい。

[0087] また、上述の実施形態においては、基板ホルダPHは、基材PHBとその基材PHBに脱着可能なプレート部材Tとを有しているが、基材PHBとプレート部材Tとを一体的に設けてもよい。

[0088] また、上述の実施形態においては、基材1は直径300mm(12inch)、厚さ0.775mmのウエハについて説明しているが、直径200mm(8inch)、厚さ0.725mmのウエハについても本発明を適用することができる。なお、基板Pの形状及び／又は基板

P(撥液領域)の液体LQとの接触角に応じて、プレート部材Tの面取り部Cの深さD6を最適化しているが、露光装置EXで処理される基板Pの形状、及び／又は基板P(撥液領域)の液体LQとの接触角が変化する場合には、基板Pに応じてプレート部材Tを変更するようにしてもよい。また、プレート部材Tの面取り部Cの深さD6が最適化できない場合には、面取り部Cの深さD6に応じて基板Pの形状、及び／又は基板P(撥液領域)の液体LQとの接触角を最適化するようにしてもよい。なお、上述の実施形態においては、撥液領域A1は、感光材を覆う膜2で形成されているが、感光材が撥液性を有している場合には、撥液領域A1を感光剤で形成してもよい。また、上述の実施形態においては、面取り部Cは、プレート部材Tの上面Taに対してほぼ45度の角度をなす平坦な面として形成されているが、この角度は45度でなくてもよい。また、上述の実施形態においては、撥液領域A1は、感光材を覆う膜2で形成されているが、基材1上であって、感光材の下に形成された撥液性の膜(層)で撥液領域A1を形成してもよい。また、上述の実施形態においては、基板Pの側面Pc(第1撥液平坦部F3)における液体LQの接触角 θ_P は 110° であり、プレート部材Tの内側面Tc(第2平坦部F4)における液体LQの接触角 θ_T も 110° であり、基板Pの側面Pc(第1撥液平坦部F3)における液体LQの接触角 θ_P と、プレート部材Tの内側面Tc(第2平坦部F4)における液体LQの接触角 θ_T との和が 180° よりも大きくなっているが、接触角 θ_P と接触角 θ_T との和が 180° よりも大きくなれば、接触角 θ_P と接触角 θ_T は異なってもよい。例えば、基板Pの側面Pc(第1撥液平坦部F3)における液体LQの接触角 θ_P が $60^\circ \sim 90^\circ$ であっても、プレート部材Tの内側面Tc(第2平坦部F4)における液体LQの接触角 θ_T が 120° 以上あれば、液体LQの表面張力などにより、基板Pの裏面Pb側への液体LQの侵入を抑制することができる。この場合、上述の実施形態における膜2として、HMDS膜(層)を形成してもよい。また、上述のように、基板Pの表面(上面Pa)における液体LQの接触角と、プレート部材Tの表面(上面Ta)の液体LQとの接触角とをほぼ同一(例えば、約 110°)にすることによって、基板Pとプレート部材Tとの間のギャップA上を液浸領域LRが通過する場合にも、液体LQの圧力変化を抑えることができるので、液体LQの基板Pの裏面側への漏洩を抑制することができる。この場合、基板Pの撥液領域A1を形成する膜と同一材料で、プレ

ート部材を被覆するようにしてもよい。ただし、基板Pの表面(上面Pa)における液体LQの接触角と、プレート部材Tの表面(上面Ta)の液体LQとの接触角が異なっているてもよい。

[0089] 上述したように、本実施形態における液体LQは純水を用いた。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板P上のフォトリソグラフィや光学素子(レンズ)等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いいため、基板Pの表面、及び投影光学系PLの先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。なお工場等から供給される純水の純度が低い場合には、露光装置が超純水製造器を持つようにしてもよい。

[0090] そして、波長が193nm程度の露光光ELに対する純水(水)の屈折率 n はほぼ1.44と言われており、露光光ELの光源としてArFエキシマレーザー光(波長193nm)を用いた場合、基板P上では $1/n$ 、すなわち約134nmに短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約 n 倍、すなわち約1.44倍に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

[0091] 本実施形態では、投影光学系PLの先端に光学素子LS1が取り付けられており、このレンズにより投影光学系PLの光学特性、例えば収差(球面収差、コマ収差等)の調整を行うことができる。なお、投影光学系PLの先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系PLの光学特性の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光ELを透過可能な平行平板であってもよい。

[0092] なお、液体LQの流れによって生じる投影光学系PLの先端の光学素子と基板Pとの間の圧力が大きい場合には、その光学素子を交換可能とするのではなく、その圧力によって光学素子が動かないように堅固に固定してもよい。なお、ノズル部材70等の液浸機構100の構造は、上述の構造に限られず、例えば、欧州特許公開第1420298号公報、国際公開第2004/055803号公報、国際公開第2004/057590号公報、国際公開第2005/029559号公報に記載されているものを用いることができる。

- [0093] なお、本実施形態では、投影光学系PLと基板P表面との間は液体LQで満たされているが、例えば基板Pの表面に平行平板からなるカバーガラスを取り付けた状態で液体LQを満たしてもよい。
- [0094] また、上述の実施形態の投影光学系は、先端の光学素子の像面側の光路空間を液体で満たしているが、国際公開第2004/019128号パンフレットに開示されているように、先端の光学素子のマスク側の光路空間も液体で満たす投影光学系を採用することもできる。
- [0095] なお、本実施形態の液体LQは水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光ELの光源がF₂レーザである場合、このF₂レーザ光は水を透過しないので、液体LQとしてはF₂レーザ光を透過可能な例えば、過フッ化ポリエーテル(PFPE)、フッ素系オイル等のフッ素系流体であってもよい。この場合、液体LQと接触する部分には、例えばフッ素を含む極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成することで親液化処理する。また、液体LQとしては、その他にも、露光光ELに対する透過性がある程度だけ屈折率が高く、投影光学系PLや基板P表面に塗布されているフォトリソレジストに対して安定なもの(例えばセダー油)を用いることも可能である。また、液体LQとしては、屈折率が1.6～1.8程度のものを使用してもよい。さらに、石英及び蛍石よりも屈折率が高い材料(例えば1.6以上)で光学素子LS1を形成してもよい。液体LQとして、種々の液体、例えば、超臨界液体を用いることも可能である。
- [0096] なお、上記各実施形態の基板Pとしては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版(合成石英、シリコンウエハ)等が適用される。
- [0097] 露光装置EXとしては、マスクMと基板Pとを同期移動してマスクMのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置(スキャニングステッパ)の他に、マスクMと基板Pとを静止した状態でマスクMのパターンを一括露光し、基板Pを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置(ステッパ)にも適用することができる。
- [0098] また、露光装置EXとしては、第1パターンと基板Pとをほぼ静止した状態で第1パタ

一の縮小像を投影光学系(例えば1/8縮小倍率で反射素子を含まない屈折型投影光学系)を用いて基板P上に一括露光する方式の露光装置にも適用できる。この場合、更にその後に、第2パターンと基板Pとをほぼ静止した状態で第2パターンの縮小像をその投影光学系を用いて、第1パターンと部分的に重ねて基板P上に一括露光するスティッチ方式の一括露光装置にも適用できる。また、スティッチ方式の露光装置としては、基板P上で少なくとも2つのパターンを部分的に重ねて転写し、基板Pを順次移動させるステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。また、上記実施形態では投影光学系PLを備えた露光装置を例に挙げて説明してきたが、投影光学系PLを用いない露光装置及び露光方法に本発明を適用することができる。このように投影光学系PLを用いない場合であっても、露光光はレンズなどの光学部材を介して基板に照射され、そのような光学部材と基板との間の所定空間に液浸領域が形成される。

[0099] また、本発明は、特開平10-163099号公報、特開平10-214783号公報(対応米国特許6,341,007、6,400,441、6,549,269及び6,590,634)、特表2000-505958号公報(対応米国特許5,969,441)あるいは米国特許6,208,407などに開示されているような複数の基板ステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用でき、指定国及び選択国の国内法令が許す限りにおいて、それらの米国特許の開示を援用して本文の記載の一部とする。

[0100] 更に、特開平11-135400号公報、特開2000-164504号公報などに開示されているように、基板を保持する基板ステージと基準マークが形成された基準部材、及び/又は各種の光電センサを搭載した計測ステージとを備えた露光装置にも本発明を適用することができる。

[0101] なお、上述の実施形態においては、光透過性の基板上に所定の遮光パターン(又は位相パターン・減光パターン)を形成した光透過型マスクを用いたが、このマスクにかえて、例えば米国特許第6,778,257号公報に開示されているように、露光すべきパターンの電子データに基づいて、透過パターン又は反射パターン、あるいは発光パターンを形成する電子マスクを用いてもよい。

[0102] また、国際公開第2001/035168号パンフレットに開示されているように、干渉縞

を基板P上に形成することによって、基板P上にライン・アンド・スペースパターンを露光する露光装置(リソグラフィシステム)にも本発明を適用することができる。

- [0103] 以上のように、本願実施形態の露光装置EXは、本願請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電氣的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電氣的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

- [0104] 半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図7に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク(レチクル)を製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光し、露光した基板を現像する基板処理(露光処理)ステップ204、デバイス組み立てステップ(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程などの加工プロセスを含む)205、検査ステップ206等を経て製造される。

産業上の利用可能性

- [0105] 露光装置EXの種類としては、基板Pに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置、薄膜磁気ヘッド、撮像素子(CCD)あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

請求の範囲

- [1] 液体を介して露光される基板を保持する基板保持装置であって、
前記基板を保持する保持部と、
前記保持部に保持された前記基板の側面に対して所定のギャップを介して対向し、撥液性を有する所定面と、
前記所定面の上部に形成された面取り部とを備え、
前記基板の側面には撥液性を有する撥液領域が設けられており、
前記面取り部は、前記保持部に保持された前記基板の撥液領域と対向するように設けられている基板保持装置。
- [2] 前記面取り部の深さは、前記基板の撥液領域に応じて設定されている請求項1記載の基板保持装置。
- [3] 前記面取り部の下端は、前記基板の撥液領域の下端よりも高い位置に設けられている請求項1記載の基板保持装置。
- [4] 前記保持部に保持された前記基板の表面とほぼ面一となるように、前記所定面の上部の面取り部から延在する撥液性の上面を更に備えた請求項1記載の基板保持装置。
- [5] 前記基板の厚さは、ほぼ0.775mmであって、前記面取り部の深さは、0.5mm以下である請求項4記載の基板保持装置。
- [6] 前記基板の撥液領域の液体との接触角と、前記所定面の液体との接触角との和は、180度よりも大きい請求項1記載の基板保持装置。
- [7] 前記撥液領域は、前記基板の基材に撥液性材料を被覆した領域である請求項1記載の基板保持装置。
- [8] 前記所定のギャップは、0.1～0.5mmである請求項1記載の基板保持装置。
- [9] 前記所定面は、前記基板の側面を囲むように設けられている請求項1記載の基板保持装置。
- [10] 前記基板の裏面には撥液領域が形成されていない請求項1記載の基板保持装置。
- [11] 前記面取り部に撥液性材料が被覆されている請求項1記載の基板保持装置。

- [12] 前記基板の上側部及び下側部の断面形状が円弧状である請求項1記載の基板保持装置。
- [13] 前記面取り部の面取り角度が、ほぼ45度である請求項1記載の基板保持装置。
- [14] 請求項1～請求項13のいずれか一項記載の基板保持装置を備え、該基板保持装置に保持された基板を液体を介して露光する露光装置。
- [15] 請求項14記載の露光装置を用いて基板を露光することと、露光された基板を現像することと、現像された基板を加工することを含むデバイス製造方法。
- [16] 液体を介して基板を露光する露光方法において、
前記基板の側面と、撥液性を有する所定面とを所定のギャップを介して対向させることと、
前記液体を介して基板を露光することを含み、
前記所定面の上部に面取り部が形成されており、その面取り部と対向するように前記基板の側面に撥液性を有する撥液領域が設けられている露光方法。
- [17] 前記基板の撥液領域は、前記面取り部の深さに応じて設定されている請求項16記載の露光方法。
- [18] 前記基板の撥液領域の下端位置が、前記面取り部の下端位置よりも低くなるように、前記撥液領域が設定される請求項16記載の露光方法。
- [19] 前記基板の下面位置と前記撥液領域の下端位置との間の距離は0.2mm以上である請求項18記載の露光方法。
- [20] 前記基板の前記側面の上部を含む第1領域の断面形状は曲面であり、前記第1領域の下第2領域の断面形状は平面であり、前記撥液領域は、前記第1領域と前記第2領域の少なくとも一部とを含む請求項16記載の露光方法。
- [21] 前記撥液領域は前記基板の基材に撥液性材料を被覆した領域である請求項16～20のいずれか一項記載の露光方法。
- [22] 請求項16記載の露光方法により基板を露光することと、露光された基板を現像することと、現像された基板を加工することを含むデバイス製造方法。
- [23] 基板保持装置に保持された基板上に液体を介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光装置で使用するプレート部材であって、

前記基板保持装置に保持された基板の側面と所定のギャップを介して対向する撥液性の所定面と、

前記所定面の上部に形成された面取り部とを備え、

前記面取り部が、前記基板保持装置に保持された前記基板の側面の撥液領域と対向するように設けられているプレート部材。

[24] 前記基板保持装置に吸着保持され、リリース可能である請求項23記載のプレート部材。

[25] 前記面取り部の深さは、前記基板の撥液領域に応じて設定されている請求項23記載のプレート部材。

[26] 前期面取り部の深さは、前期撥液領域における前期液体の接触角に応じて設定されている請求項25記載のプレート部材。

[27] 前記面取り部の下端は、前記基板の撥液領域の下端よりも高い位置に設けられている請求項23記載のプレート部材。

[28] 前記保持部に保持された前記基板の表面とほぼ面一となるように、前記所定面の上部の面取り部から延在する撥液性の上面を更に備えた請求項23記載のプレート部材。

[29] 前記基板の撥液領域の液体との接触角と、前記所定面の液体との接触角との和は、180度よりも大きい請求項23記載のプレート部材。

[30] 前記所定のギャップは、0.1～0.5mmである請求項23記載のプレート部材。

[31] 液体を介して露光される基板を保持する基板保持装置であって、

前記基板を保持する保持部と、

前記保持部に保持された前記基板の側面とギャップを介して対向する所定面とを備え、

前記所定面は、前記保持部に保持された前記基板の側面とほぼ平行な平坦部と、該平坦部の上方に延在する面取り部とを有し、

前記基板の側面における前記液体の接触角と前記所定面の平坦部における前記液体の接触角との和が180度よりも大きい基板保持装置。

[32] 前記保持部に保持された前記基板の表面とほぼ面一となるように、前記面取り部か

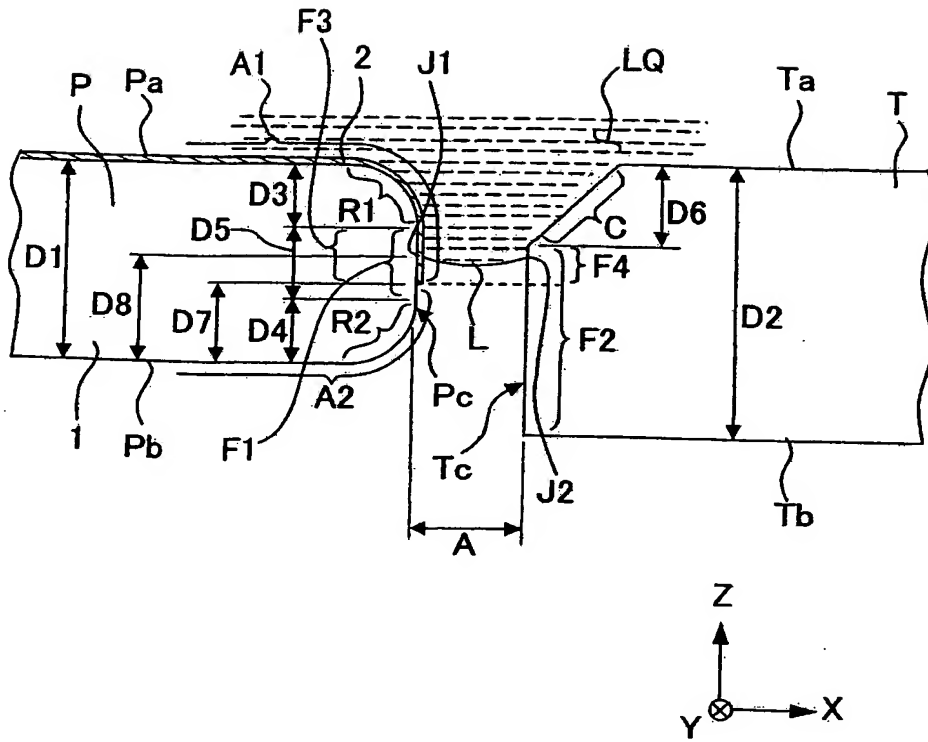
ら延在する撥液性の上面を更に備えた請求項31記載の基板保持装置。

- [33] 前記所定面の平坦部は、前記基板の基材に所定の材料を被覆した領域である請求項31記載の基板保持装置。
- [34] 前記所定面は、前記基板の側面を囲むように設けられている請求項31記載の基板保持装置。
- [35] 前記面取り部の面取り角度が、ほぼ45度である請求項31記載の基板保持装置。
- [36] 前記基板の厚さは、ほぼ0.775mmであって、前記面取り部の深さは、0.5mm以下である請求項31記載の基板保持装置。
- [37] 請求項31～請求項36のいずれか一項記載の基板保持装置を備え、該基板保持装置に保持された基板を液体を介して露光する露光装置。
- [38] 請求項37記載の露光装置を用いて基板を露光することと、露光された基板を現像することと、現像された基板を加工することを含むデバイス製造方法。
- [39] 基板保持装置に保持された基板上に液体を介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光装置で使用するプレート部材であって、
前記基板保持装置に保持された基板の側面と所定のギャップを介して対向する所定面を有し、
前記所定面は、前記保持部に保持された前記基板の側面とほぼ平行な平坦部と、該平坦部の上方に延在する面取り部とを有し、
前記基板の側面における前記液体の接触角と前記所定面の平坦部における前記液体の接触角との和が180度よりも大きいプレート部材。

要 約 書

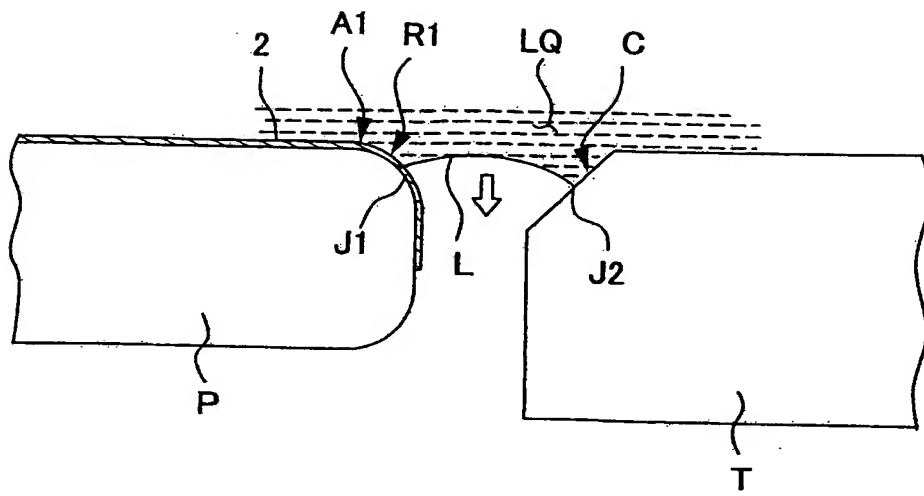
基板ホルダPHは、基板Pを保持する第1保持部PH1と、第1保持部PH1に保持された基板Pの側面Pcに対して所定のギャップAを介して対向し、撥液性を有するプレート部材Tの内側面Tcと、内側面Tcの上部に設けられた面取り部Cとを備えている。基板Pの側面Pcには撥液性を有する撥液領域が設けられており、面取り部Cは、第1保持部PH1に保持された基板Pの撥液領域と対向するように設けられている。これによって、基板の裏面側に液体が浸入することを抑制できる基板保持装置が提供される。

[図3]

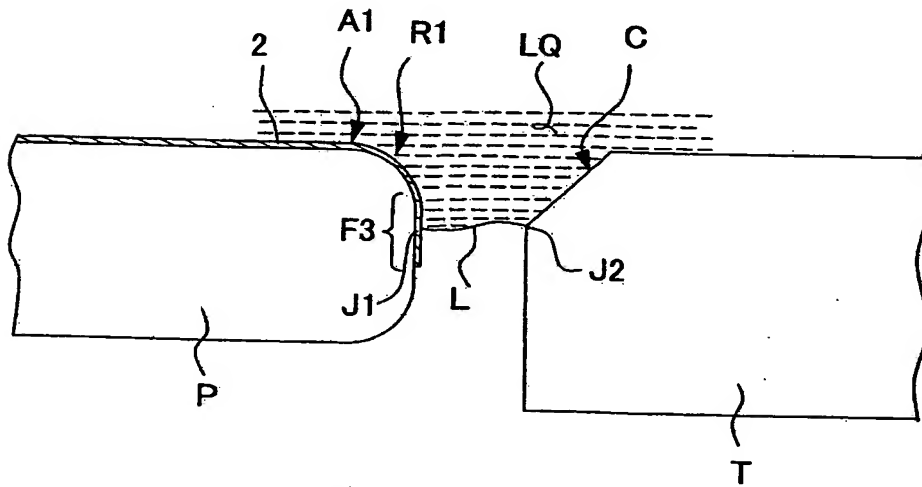


[図4]

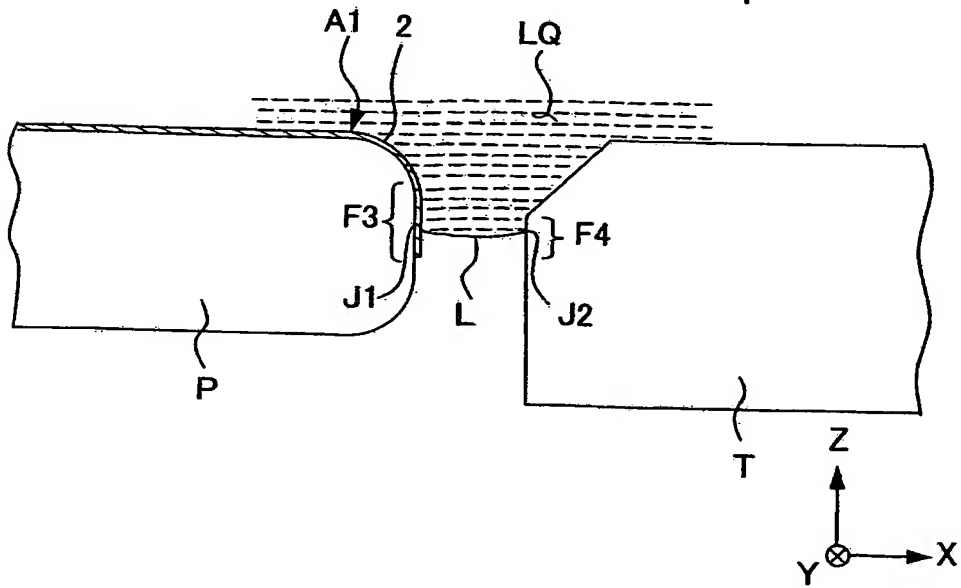
(A)



(B)

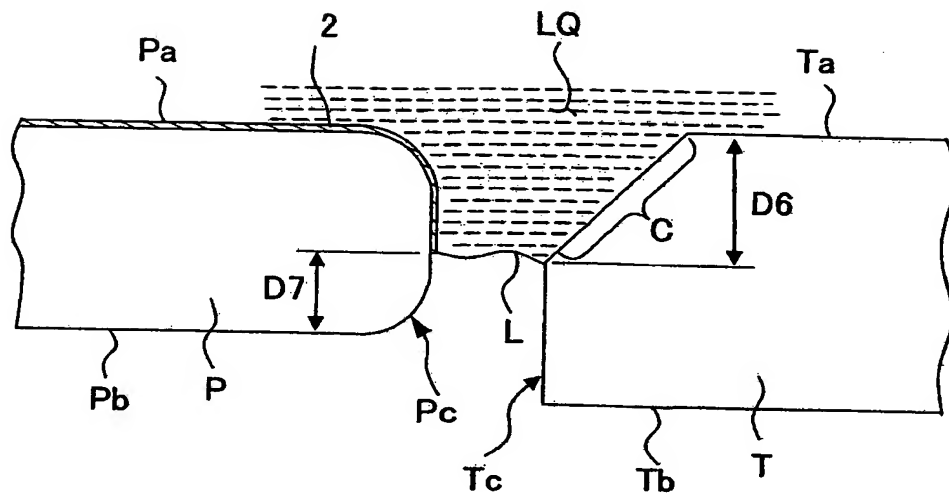


(C)

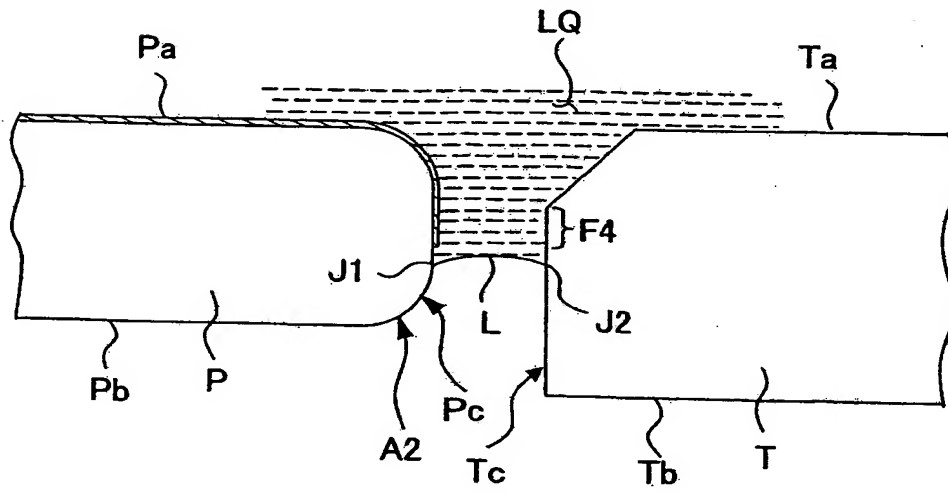


[図5]

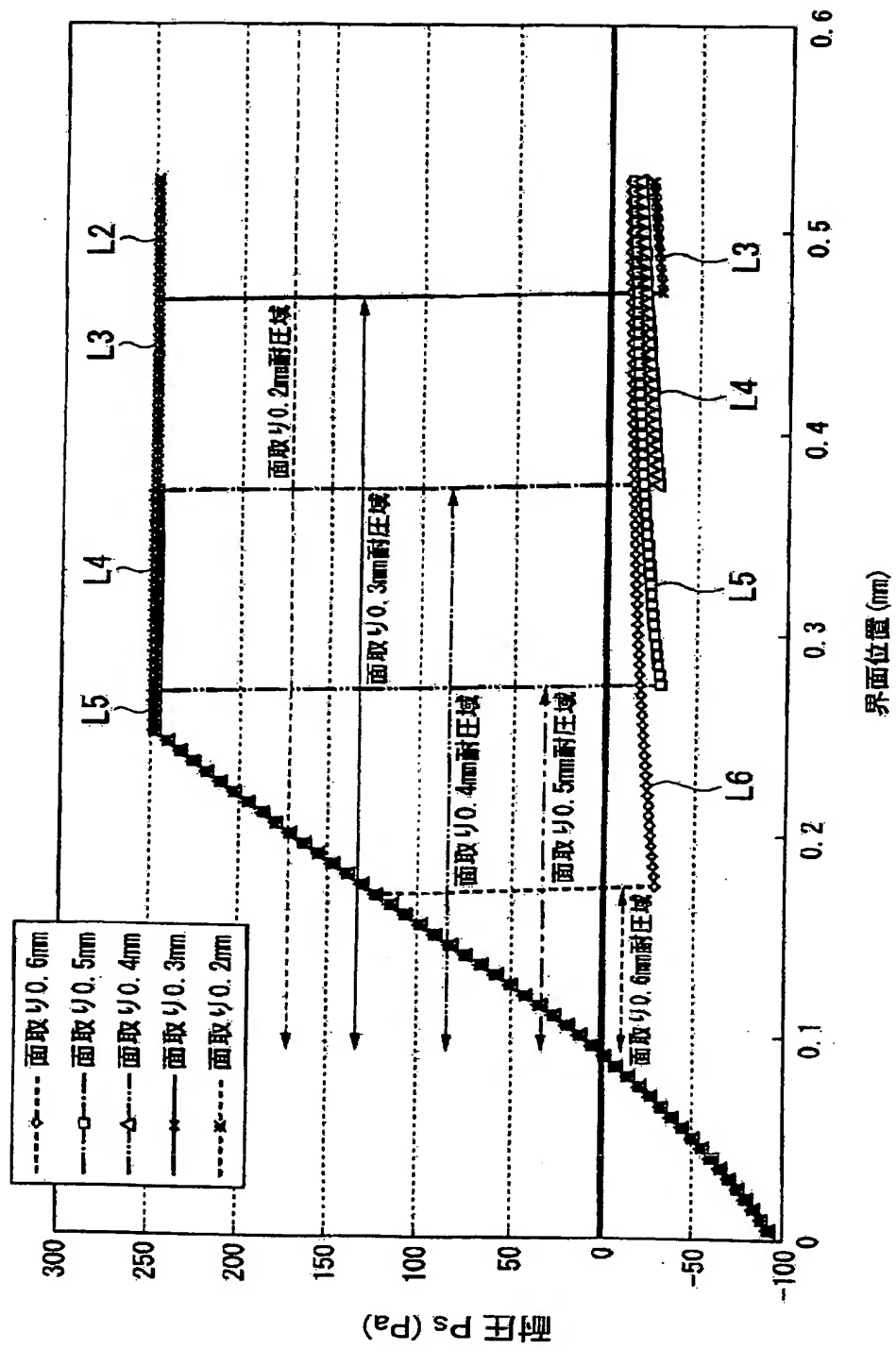
(A)



(B)



[図6]



[図7]

